



Villamos elven működő kontakthőmérők

Méréstechnika

Budulski László
PTE-MIK
budulskil@mik.pte.hu

Típusaik

Alapvető típusok:

- Ellenállás elvén működők:
 - **Ellenállás hőmérők – RTD**
 - **Termisztorok (félvezetők)**
 - PTC
 - NTC
- Hőelektromos elven működők:
 - **Termoelemek – TC**



Hőtechnikai mérések és mérőműszerek

HŐÉRZÉKELŐK – RTD

Hőérzékelők – RTD

RTD (*Resistance Temperature Detector*) - ellenállás-hőmérő

- Működésüknél ellenállás változás jön létre a hőmérséklettől függően.
- Egyenletes és stabil hőmérséklet és ellenállás kapcsolat jellemzi

Tulajdonságok:

- Abszolút hőmérsékletet mérünk
(nincs szükség hidegpont kompenzációra!)
- Egyszerű rézkábelek használhatóak a műszerek és az érzékelők között
- Méréseknél ügyelni kell a helyes bekötési módra
(vezeték ellenállás beleszólhat a mérésbe!)

Hőérzékelők – RTD

RTD típusok:

- réz, arany, ezüst

kicsi az elektromos ellenállásuk, ezért kevésbé használatosak

- nikkel, nikkeltvözetek (Ni100, Ni500, ...)

Előny: nagy mértékben változtatják az ellenállásukat a hőmérséklet függvényében, relatíve olcsók

Hátrány: nem linearitás jellemzi őket, inflexiós pontjuk is van (CURIE-PONT, 358 °C) ezért csak kb. -100 ... +180 °C-ig használatosak

- platina (Pt50, Pt100, Pt500, Pt1000, Pt5000, ...)

Előny: széles mérési tartomány, nagy tisztaságban beszerezhető, finom csíkká, szalaggá, huzallá alakítható, széles körben elterjedt

Hátrány: némi nem linearitás jellemzi, hozzávetőlegesen drágább

Ellenállás

Ohm-törvényt felhasználva: (*GEORG OHM*)

Elektromos ellenállás (rezisztancia):

$$R = \frac{U}{I} = \frac{P}{I^2} = \frac{U^2}{P}$$

R – ellenállás	$[\Omega]$
U – feszültség	$[V]$
I – áramerősség	$[A]$
P – elektromos teljesítmény	$[W]$

Fajlagos ellenállásból kifejezve:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

ρ – fajlagos ellenállás	$[\Omega m]$
l – vezető hossza	$[m]$
A – vezető keresztmetszete	$[m^2]$

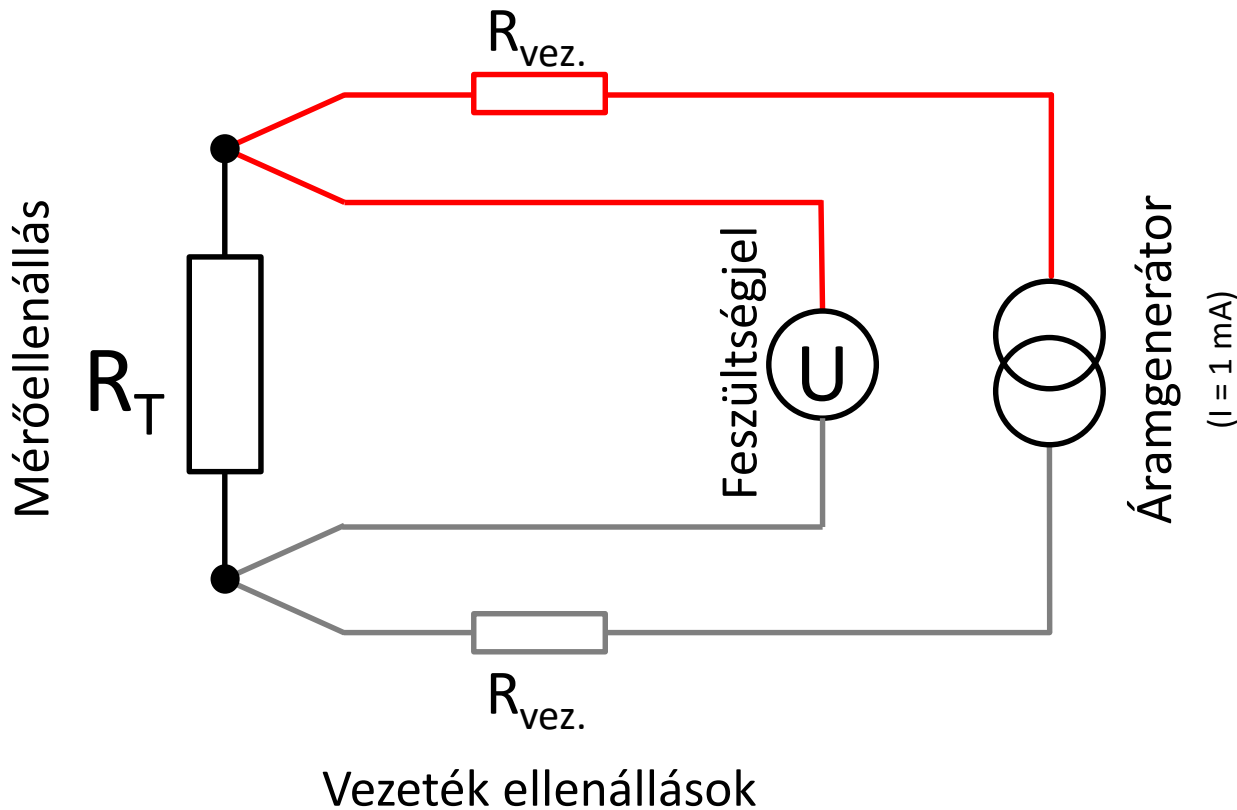
Hőmérséklet hatása az ellenállásra:

$$R_{(T)} = R_{(T_0)} \cdot (1 + \alpha \cdot (T - T_0))$$

$R_{(T_0)}$ – viszonyított hőmérsékletnél az ellenállás	$[\Omega]$
α – hőmérsékleti együttható (koefficiens)	$[K^{-1}]$

Hőérzékelők – RTD

Négyvezetékes érzékelési mód

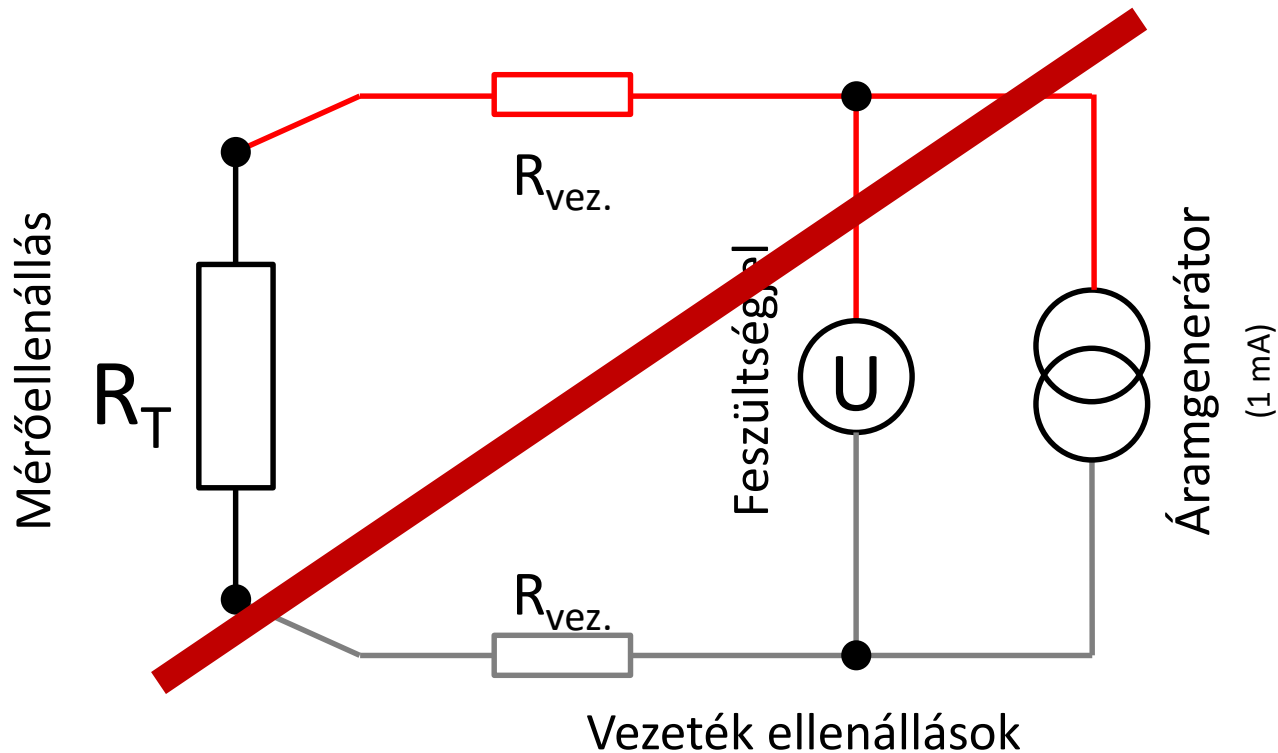


A mérés folyamán ügyelni kell, hogy az átfolyó mérőáram minél kisebb legyen, hogy az érzékelőt fel ne melegítse!

A megengedett áramsűrűség lehetőleg ne legyen nagyobb $0,1 - 0,2 \text{ [A/mm}^2\text{]-nél!}$

Hőérzékelők – RTD

Egyszerűsíthető-e a bekötés?



Helytelen, mert a vezeték ellenállását is belemérjük!

Hőérzékelők – RTD

Eredő ellenállás:

Soros kapcsolás esetén:

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n = \sum_{i=1}^n R_i \quad [\Omega]$$

Párhuzamos kapcsolás esetén:

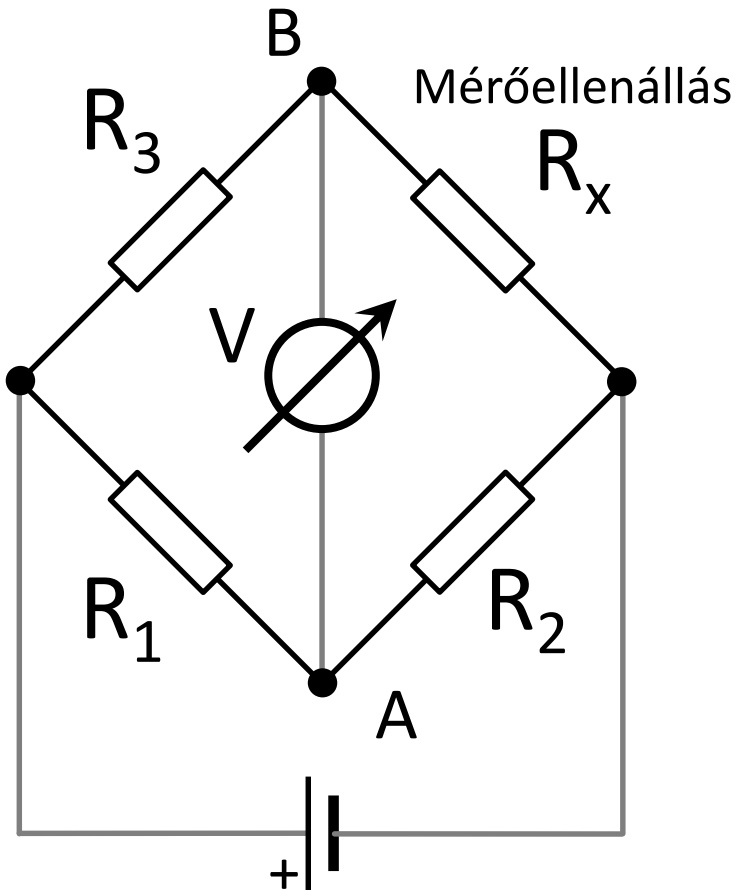
$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} \quad [\Omega]$$

vagy

$$R_e = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}} \quad [\Omega]$$

Wheatstone-híd

WHEATSTONE-HÍD felépítése (SIR CHARLES WHEATSTONE):



R_x a mérőellenállás, az R_1 , R_2 , R_3 ismert ellenállások, valamelyiküknek változtathatónak kell lennie.

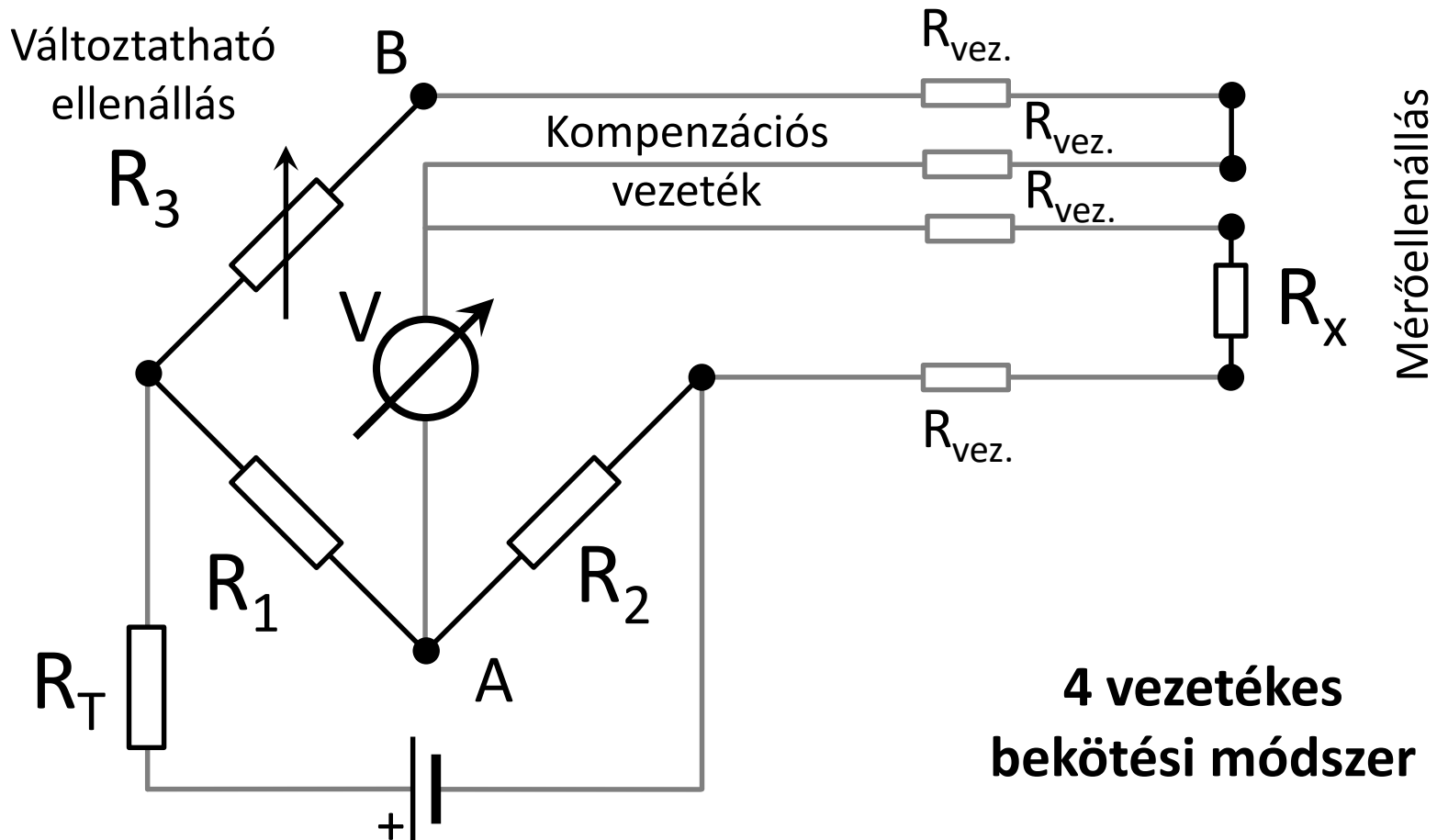
Amikor a feszültségmérő nullát mutat, vagyis a A és a B pont közt nincs feszültségkülönbség ($V = 0$), akkor kiegyenlített az áramkör.

Ha kiegyenlített az áramkör, akkor az R_x mérőellenállás meghatározása:

$$R_x = \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \cdot R_3 = \left(\frac{R_3}{R_1} \right) \cdot R_2$$

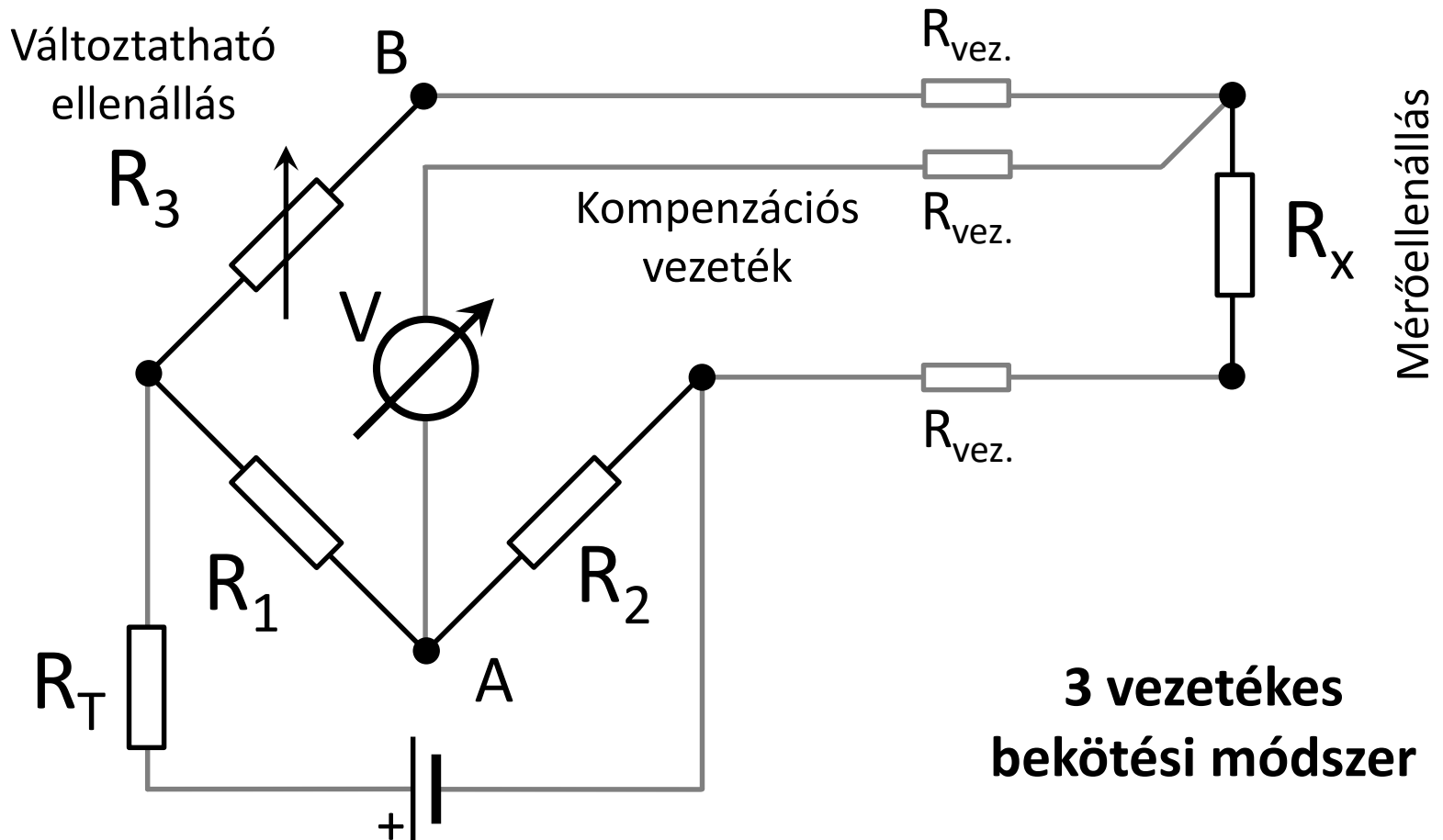
Wheatstone-híd

WHEATSTONE-HÍD, bekötővezeték kompenzálással:

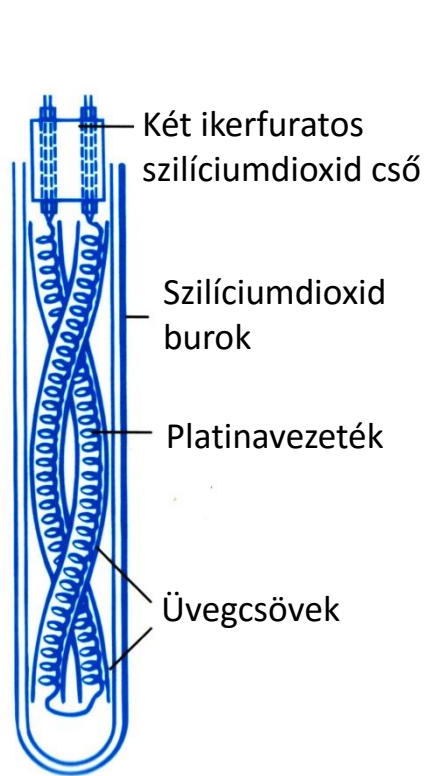


Wheatstone-híd

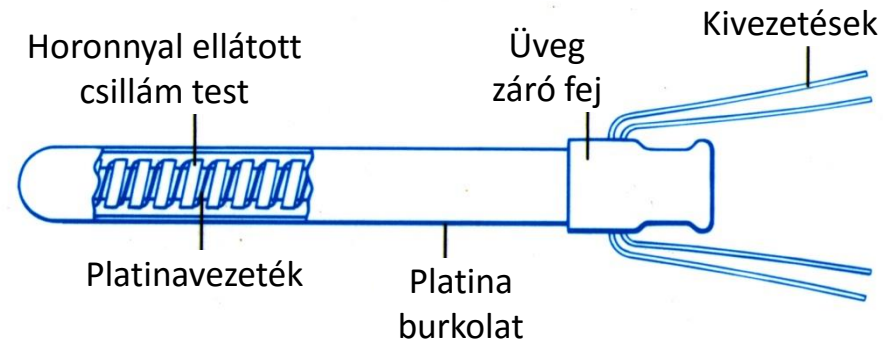
WHEATSTONE-HÍD, bekötővezeték kompenzálással:



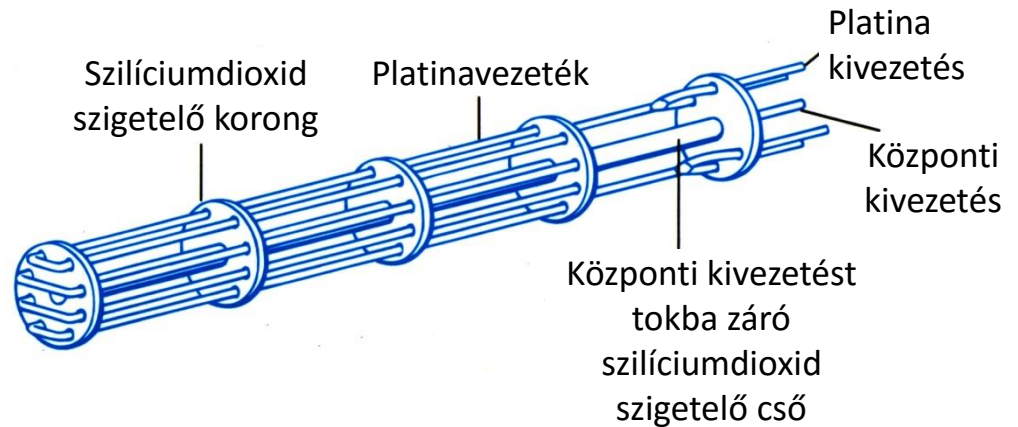
Hőérzékelők – RTD kialakítások



Hagyományos laboratóriumi RTD szenzor

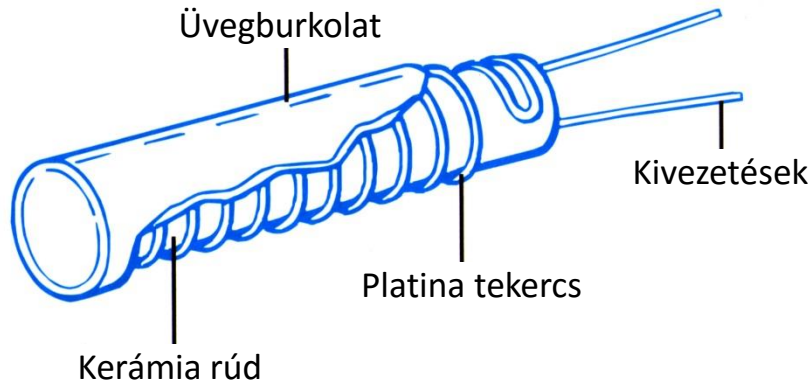


Kapszula kivitelű RTD szenzor

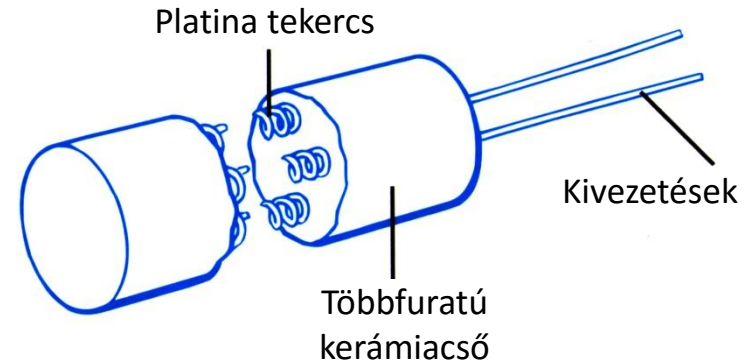


Madárka kivitelű RTD szenzor (magas hőmérsékletekhez)

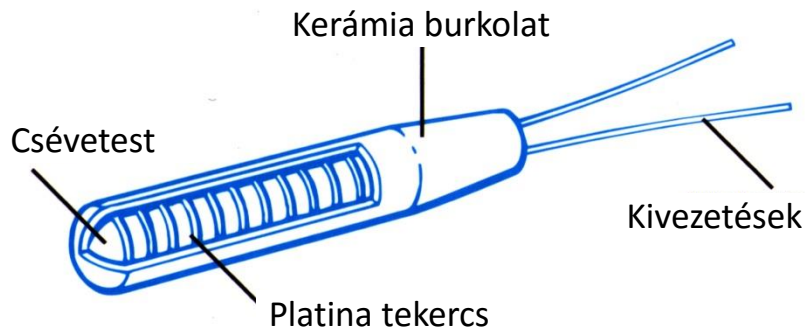
Hőérzékelők – RTD kialakítások



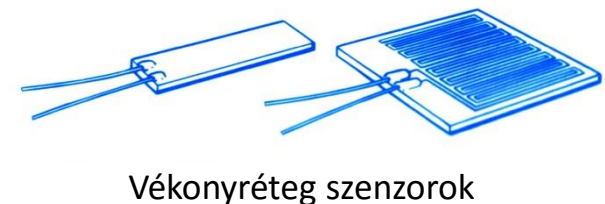
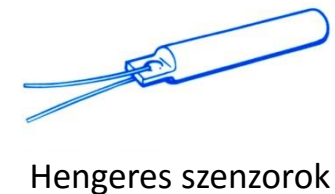
Ipari, Klasszikus henger alakú, feltekert vezetékű RTD szenzor



**Ipari, Részleges alátámasztású
Többfuratú alumínium cső
használatával, RTD szenzor**



**Ipari, Henger alakú, horony mentén
felcsévélte vezetékű RTD szenzor**



Hőérzékelők – RTD (PT100-as hőérzékelő)

**Ellenállás és a hőmérséklet kapcsolatát leíró egyenlet
PT100 esetére:**

**CALLENDAR-VAN DUSEN közelítő polinomiális transzfer függvények
(Platina-ellenállásra):**

-200 °C-tó 0 °C-os hőmérséklet tartományban:

$$R(T) = R_0 \cdot (1 + A \cdot T + B \cdot T^2 + C \cdot (T - 100) \cdot T^3)$$

0 °C-tó +850 °C-os hőmérséklet tartományban: ($C = 0$)

$$R(T) = R_0 \cdot (1 + A \cdot T + B \cdot T^2)$$

0...100 °C tartományon a hőmérséklet kifejezve:

$$t = \left(\frac{1}{\alpha} \right) \cdot \frac{(R_T - R_0)R_0}{R_0} + \delta \cdot \left(\frac{t}{100} \cdot \frac{t}{100 - 1} \right)$$

Hőérzékelők – RTD (PT100-as hőérzékelő)

α tényező:

Alapvetően a tisztaságát és a hőközlési állapotát határozza meg a Platina Ellenállás-hőmérőknek. Ez az érték alapvetően az ellenállás átlagos hőmérsékleti együtthatója 0...100 °C közti tartományban.

$$\alpha = 3,85 \cdot 10^{-3} \text{ [}^{\circ}\text{C}^{-1}\text{]} \quad \alpha = \frac{R_{100} - R_0}{R_0 \cdot 100}$$

δ tényező:

A lineáristól való eltérést írja le a 0...100 °C közti tartományban. Nagy tisztaságú platina esetén és teljesen hőkezelt állapotban.

$$\delta = 3.925 \cdot 10^{-3} \dots 3,928 \cdot 10^{-3} \text{ [}^{\circ}\text{C}^{-1}\text{]}$$

Hőérzékelők – RTD (PT100-as hőérzékelő)

Kalibráláskor meghatározott konstansok (együtthatók)

MSZ EN 60751 (IEC 60751) ipari RTD szabvány szerint:

$$A = \alpha + \frac{\alpha \cdot \delta}{100} \quad [^{\circ}\text{C}^{-1}]$$

$$B = \frac{-\alpha \cdot \delta}{100^2} \quad [^{\circ}\text{C}^{-2}]$$

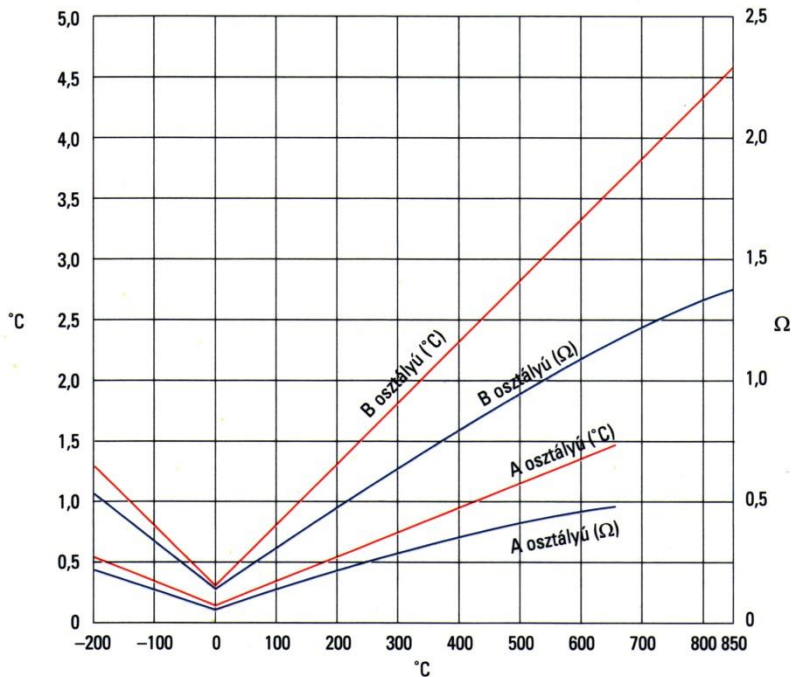
$$C = \frac{-\alpha \cdot \beta}{100^4} \quad [^{\circ}\text{C}^{-4}] \quad T > 0^{\circ}\text{C} \rightarrow C = 0$$

0 °C felett hőmérséklet kifejezve (kisebb pontosság!)

$$T(R) = \frac{-A \cdot R_0 + \sqrt{(A \cdot R_0)^2 - 4 \cdot B \cdot R_0 \cdot (R_0 - R)}}{2 \cdot B \cdot R_0}$$

Hőérzékelők – RTD (PT100-as hőérzékelő)

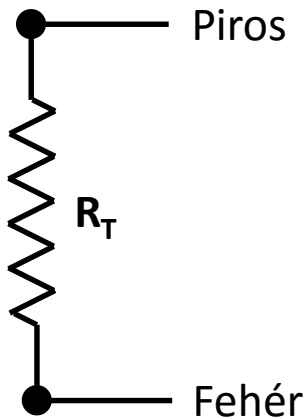
PT100 elem MSZ EN 60751:1999 (IEC 60751) szerinti tűrési értékei



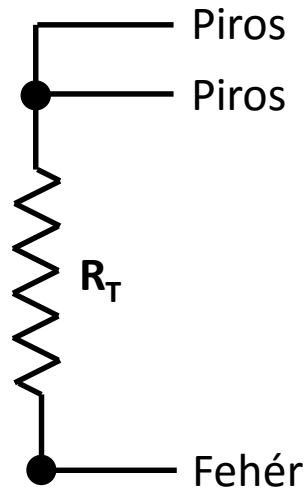
HŐMÉRSÉKLET	TŰRÉSEK MSZ EN 60751:1999 (IEC 60751)			
	A osztályú		B osztályú	
	± °C	± Ohm	± °C	± Ohm
-200°C	0.55	0.24	1.3	0.56
-100°C	0.35	0.14	0.8	0.32
0°C	0.15	0.06	0.3	0.12
100°C	0.35	0.13	0.8	0.30
200°C	0.55	0.20	1.3	0.48
300°C	0.75	0.27	1.8	0.64
400°C	0.95	0.33	2.3	0.79
500°C	1.15	0.38	2.8	0.93
600°C	1.35	0.43	3.3	1.06
650°C	1.45	0.46	3.6	1.13
700°C	–	–	3.8	1.17
800°C	–	–	4.3	1.28
850°C	–	–	4.6	1.34

Hőérzékelők – RTD (PT100-as hőérzékelő)

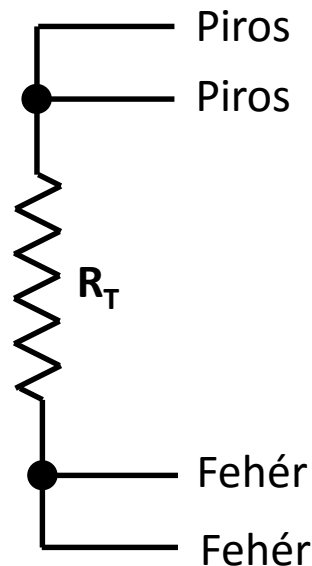
Tipikus vezetékialakítások az MSZ EN 60751:1999 (IEC 60751) szabvány szerint



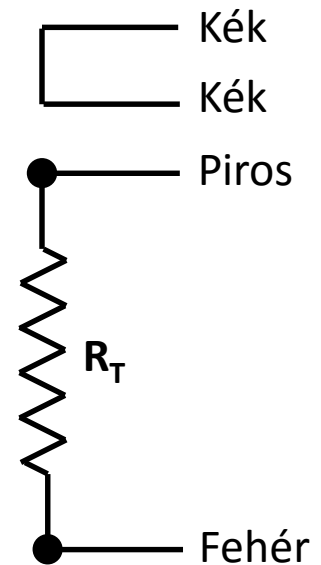
2 vezetékes



3 vezetékes



4 vezetékes



**4 vezetékes
vak hurkú**



Hőtechnikai mérések és mérőműszerek

HŐÉRZÉKELŐK – TC

Hőérzékelők – TC

TC (*Thermocouple*) – hőelem (termoelem)

- Két anyag két ponton való összeillesztése, aminek különböző a termoelektromos elektromos erő (*hőmérsékleti*) karakterisztikája.

Tulajdonságok:

- Differencia hőmérsékletet mérünk (szükség van hidegpont kompenzációra!)
- Hőelem kompenzációs vezetékek használhatóak a műszerek és az érzékelők között
- Nem érzékeny a vezeték hosszakra
- Hőmérséklet különbségek meghatározására közvetlenül felhasználható

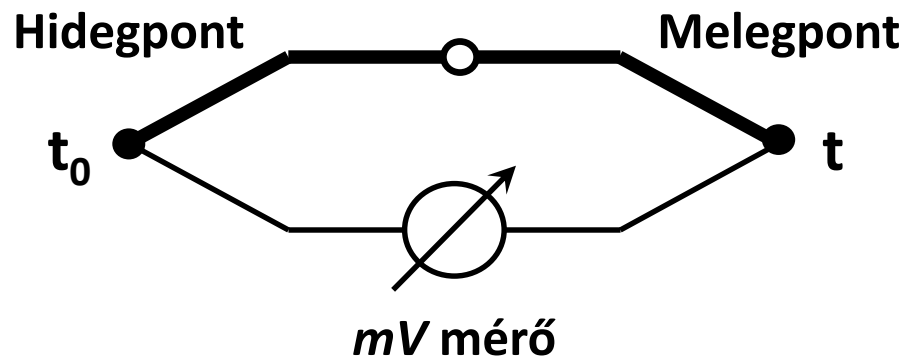
Hőérzékelők – TC

Termoelem működése:

Aktív hőmérsékletszenzor, mert hőelektromotoros feszültséget hoz létre, nincs szüksége külső tápfeszültségre. Működése hőelektromos hatáson, SEEBECK-EFFEKTUSON alapszik.

SEEBECK-EFFEKTUS (hőelektromos hatás) :

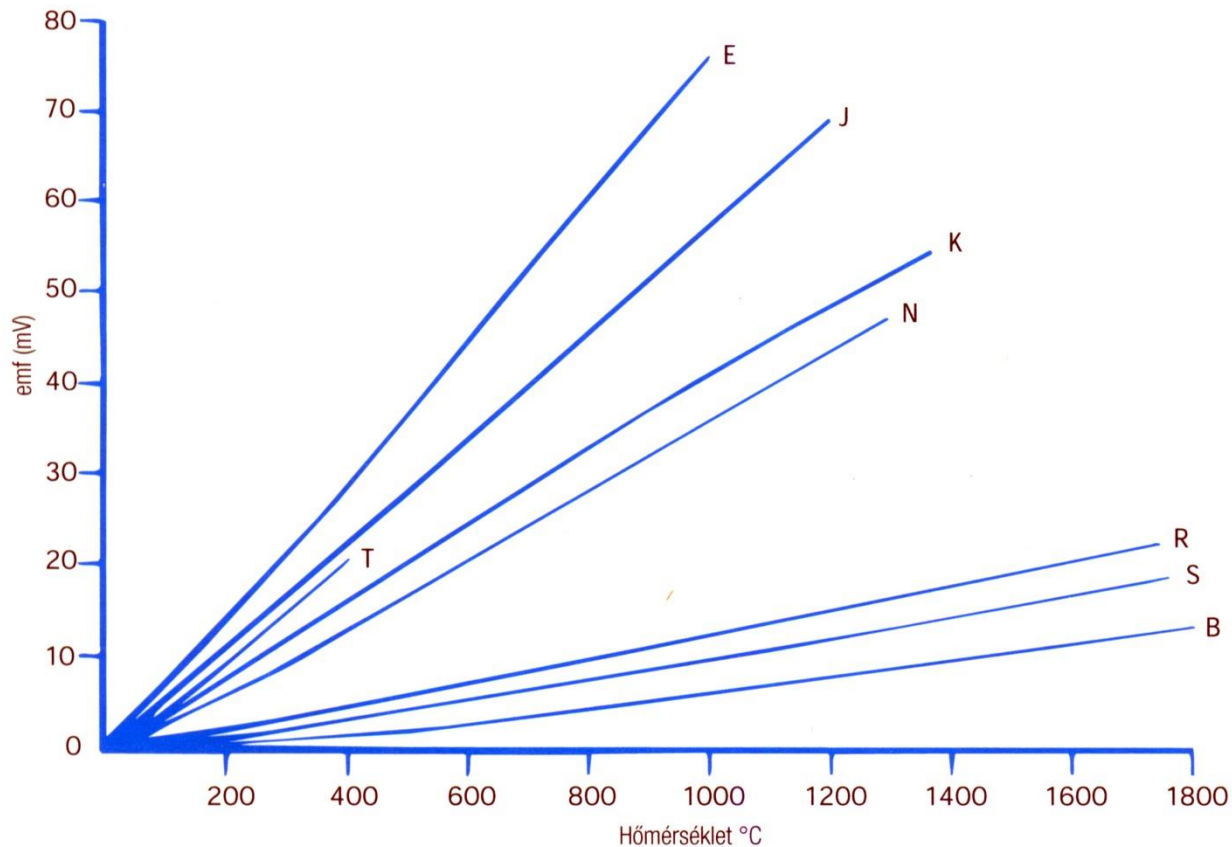
Két különböző vezetőből álló áramkörben hőelektromotoros feszültség jelenik meg, ha a vezetők illesztései különböző hőmérsékleten vannak.



Hőérzékelők – TC

A termoelemek EMF és hőmérséklet kapcsolata

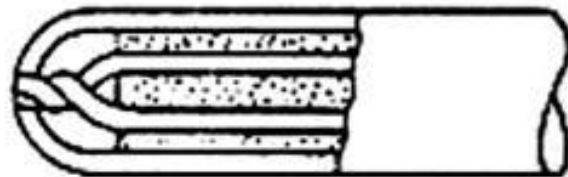
EMF (*Electromotive Force*) - termofeszültség



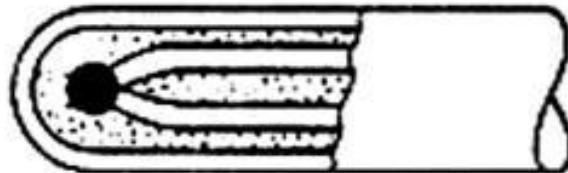
Hőérzékelők – TC

Köpenyhőelem

- rövid beállási idejűek
- a szigetelés Al_2O_3 kerámia, ami egy nemesacél burkolatba van ágyazva
- kicsi átmérők jellemzik (akár tűszerű méret)



behegesztett



szigetelt mérési hely

Hőérzékelők – TC

TC típusok:

Hőelem típusa	Vezeték Kombináció	
	+Láb	-Láb
K	Nikkel - Króm (NiCr) Más nevé: Chromel*, Thermokanthal KP*, T1*, Tophel*	Nikkel - Alumínium (NiAl) (Mágneses) Más nevé: Alurnel*, Thermokanthal KN*, T2*
T	Réz (Cu)	Réz- Nikkel (CuNi) Más nevé: Konstantán, Advance*, Cupron*
J	Vas (Fe) (Mágneses)	Réz- Nikkel (CuNi) Más nevé: Konstantán, Advance*, Cupron*
N	Nikkel-Króm-Szilícium (NiCrSi) Más nevé: Nicrosil	Nikkel-Szilícium (NiSi) Más nevé: Nisil
E	Nikkel - Króm (NiCr) Más nevé: Chromel* , Tophel*	Réz- Nikkel (CuNi) Más nevé: Konstantán, Advance*, Cupron*
R	Platina - 13% Ródium (Pt13Rh)	Platina (Pt) (-) láb puhább, minta (+)

Hőelem típusa	Vezeték Kombináció	
	+Láb	-Láb
S	Platina - 10% Ródium (Pt10Rh)	Platina (Pt) (-) láb puhább, minta (+)
B	Platina - 30% Ródium (Pt30Rh)	Platina - 6% Ródium (Pt6Rh)
G (korábbi neve W)	Wolfrám (W)	Wolfrám - 26% Rénum (W6Re)
C (korábbi neve W5)	Wolfrám - 5% Rénum (W5Re)	Wolfrám - 26% Rénum (W6Re)
D (korábbi neve W3)	Wolfrám - 3% Rénum (W3Re)	Wolfrám - 26% Rénum (W6Re)

Hőérzékelők – TC



KOMPENZÁCIÓS VEZETÉKEK SZÍNJELÖLÉSE

HŐELEM	ANYAGAI								
	+	-	IEC 584-3/89	BS 4937-30/93	DIN 43722/94	BS 1843/81	DIN 43710-4	JIS C1610-1981	ANSI MC 96.1
T	Cu	CuNi							
U	Cu	CuNi							
J	Fe	CuNi							
L	Fe	CuNi							
E	NiCr	CuNi							
K	NiCr	Ni							
N	NiCrSi	NiSi							
S	PtRh 10	Pt							
R	PtRh 13	Pt							
B	PtRh30	PtRh6							



RHODIUM Műszeripari Kft.

1196. Budapest, Zrínyi u. 153. Postacím: 1701 Budapest, Pf.:5
Tel.: 282-8308, 282-5689 Fax.: 282-6135 . e-mail: ugyfelsz@rhodium.axelero.net



MSZ EN ISO
9001:2001
Nyilv.sz.: 503/0069(1)